



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01



Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за $T = 2$ с.

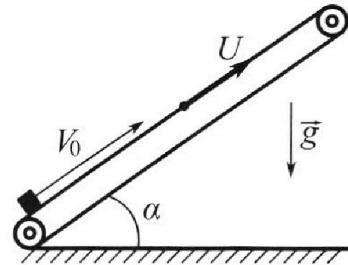
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

2) Теннисист посыпает мяч с начальной скоростью V_0 под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии $S = 20$ м от места броска. На какой максимальной высоте мяч ударяется о стенку?

Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым. Все высоты отсчитываются от точки старта.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,8$ (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покояющуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 4 \text{ м/с}$. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = \frac{1}{3}$. Движение коробки прямолинейное.



1) За какое время T после старта коробка пройдет в *первом опыте* путь $S = 1$ м?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 2 \text{ м/с}$, и сообщают коробке скорость $V_0 = 4 \text{ м/с}$.

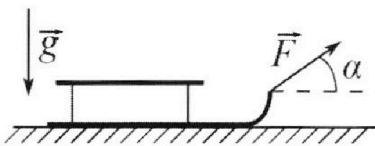
2) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 2 \text{ м/с}$?

3) На какой высоте H , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же скорости V_0 за одинаковое время.

В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения скорости V_0 действие внешней силы прекращается.



1) Найдите коэффициент μ трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

2) Через какое время T после прекращения действия силы санки остановятся? Ускорение свободного падения g .

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023**

Вариант 10-01

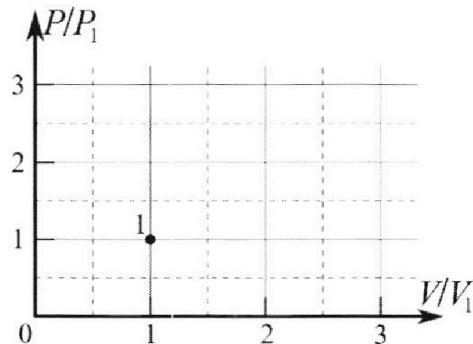
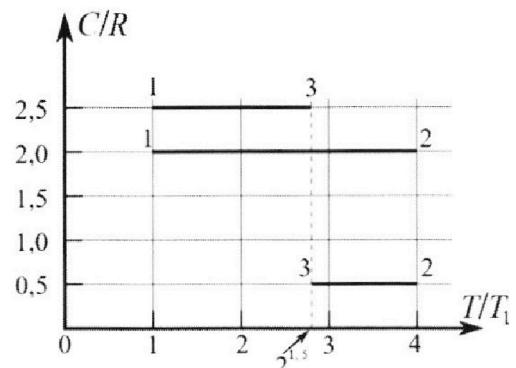
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1 $T_1 = 400$ К, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К).

1) Найдите работу A_{12} газа в процессе 1-2.

2) Найдите КПД η цикла.

3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

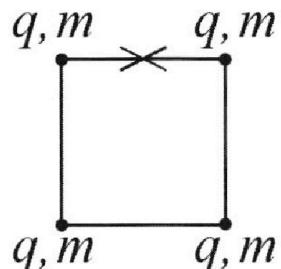
1) Найдите силу T натяжения нитей.

Одну нить пережигают.

2) Найдите скорость V любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.

3) На каком расстоянии d от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных вверху (на рисунке)?

Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

МФТИ



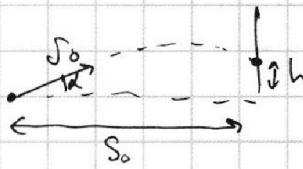
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Чистовик)

1) $\uparrow v_0$

$$\text{макс высота } ja T = 2c \Leftrightarrow v_0 - gT = 0 \Rightarrow v_0 = gT = \boxed{20 \text{ м/с}}$$

2)



нужно α - угол к горизонту при макс высоте
 h - макс высота

нужно время полёта = T .

огр x :

$$v_0 \cdot \cos \alpha \cdot T = S$$

$$\Rightarrow T = \frac{S}{v_0 \cos \alpha}$$

огр y :

$$v_0 \cdot \sin \alpha \cdot T - \frac{g \cdot T^2}{2} = h$$

\Leftarrow

$$h = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot \frac{S}{v_0 \cos \alpha} - \frac{g}{2} \cdot \frac{S^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha} \Leftrightarrow h = S \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1 \Rightarrow \tan^2 \alpha + 1 = \frac{1}{\cos^2 \alpha} \Rightarrow h = S \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \cdot (\tan^2 \alpha + 1)$$

$$h = - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \cdot \tan^2 \alpha + S \cdot \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2}. \quad \leftarrow h(\tan \alpha)$$

h - max, \Rightarrow прокуренная $h(\tan \alpha)$ должна быть равна нулю

$$0 = - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \cdot (2 \cdot \tan^2 \alpha + 1) + S \cdot \tan \alpha$$

прокуренная $\tan^2 \alpha$

$$\Rightarrow 1 = \frac{g S^2}{2 v_0^2} \tan^2 \alpha \Rightarrow \tan^2 \alpha = \frac{v_0^2}{g S} = \frac{g T^2}{g S} = \frac{T^2}{S}$$

$$h = - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \cdot \left(\frac{T^2}{S} \right) + S \cdot \left(\frac{T^2}{S} \right) - \frac{g S^2}{2 v_0^2}$$

$$\Leftrightarrow h = - \frac{g S^2}{2(g^2 T^2)} \cdot \left(\frac{T^2}{S} \right) + S \cdot \frac{g T^2}{S} - \frac{g S^2}{(2 \cdot g^2 T^2)} = - \frac{S}{2} + g T^2 - \frac{S^2}{2 g T^2}$$

$$= - \frac{20 \text{ м}}{2} + (10 \cdot 2^2) \text{ м} - \left(\frac{400}{2 \cdot 10 \cdot 4} \right) \text{ м} = (-10 + 40 - 5) \text{ м} = \boxed{35 \text{ м}}$$

Ответ:

$$1) v_0 = 20 \text{ м/с}$$

$$2) h = 35 \text{ м}$$

Страница 1 / 7

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

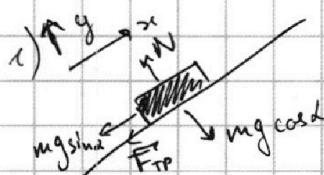
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



(Чистовик)

$$\Rightarrow N = mg \cos \alpha \Rightarrow F_{TP} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

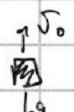
$$\Rightarrow a_1 = \cancel{\frac{mg \sin \alpha}{m}} + \frac{F_{TP}}{m} = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

~~последнее уравнение~~

одинаковое ускорение (направлено "вниз" по оси x)

$$\sin \alpha = \frac{4}{5} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{3}{5} \Rightarrow g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = g.$$

x
v



расстояние до максимальной координаты по x (h)

$$8 \text{ m.h} \quad v_0 = gt_1 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0}{g} = \boxed{\frac{4}{10} \text{ c}}$$

$$\text{путь} = h = v_0 t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{16}{20} \text{ m} < S = 1 \text{ м}$$

\Rightarrow Надо рассмотреть и последующее "падение".
 F_{TP} меняет сторону (н.к. направление против движения)

$$\Rightarrow a_2 = (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)g = g\left(\frac{4}{5} - \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5}\right) = \frac{3}{5}g = 6 \text{ m/c}^2$$

Осталось проехать $(S-h)$, скорость = 0 \Rightarrow

$$\Rightarrow \frac{a_2 t_2^2}{2} = (S-h) \Leftrightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2(S-h)}{a_2}} = \sqrt{\frac{2(1-\frac{16}{20})}{6}} \text{ c}$$

$$= \boxed{\frac{1}{\sqrt{15}} \text{ c}}$$

$$\Rightarrow t = t_1 + t_2 = \frac{4}{10} \text{ c} + \frac{1}{\sqrt{15}} \text{ c} = \boxed{\frac{6 + \sqrt{15}}{15} \text{ c}}$$

2) $U = \text{const}$, поэтому будем считать, что лента - ИСД

$$V_n + U = V_0 \Rightarrow S_n = V_0 - U = 2 \text{ м/c}. \text{ Смы не сущелись} \Rightarrow$$

скорость труда в CO ленты

$$\Rightarrow \text{до верхней точки } a_1 \text{ все } \rightarrow \text{если } = g. \text{ Тогда } \boxed{V_n(t) = V_n - gt}$$

$$V_n + U = V_3 \Rightarrow V_3 = U \text{ при } V_n = 0 \Rightarrow V_n - gt = 0$$

в CO ленты
справа на 2 / 7 |

в CO земли

$$\Rightarrow \boxed{t = 0,2 \text{ c}}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

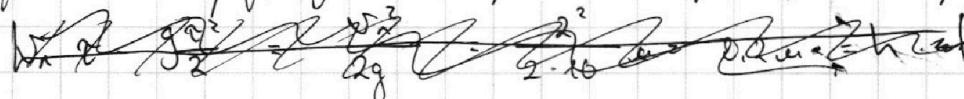
3) (продолжение)

(Источник)

силы из пункта 1 все еще не изменились

воздух $v_3=0$ при $v_n = -u$ (и.к. $v_n+u=v_3$)

то пока груз движется в прошлом пункте за τ , пулси



$$(v_n + u)\tau - \frac{g\tau^2}{2} = \frac{v_n^2}{2g} + u\tau = \frac{4}{20}\tau + \frac{2 \cdot 2}{10}\tau = 0.6\tau \text{ м}$$

макс длина
без ленты

после пульсации меняет направление u

$$-a_2 T = -u \quad (\text{и.к. } v_3=0) \Rightarrow T = \frac{u}{a_2}; \quad a_2 = \frac{3}{5}g$$

(из пункта 1)

$$T = \frac{3}{5} \frac{u}{g} \quad \Delta h = -\frac{a_2 T^2}{2} + uT = -\frac{3}{5}g \cdot \left(\frac{3}{5}\right)^2 \cdot \frac{u^2}{g^2} + u \cdot \frac{3}{5} \frac{u}{g} =$$

Лента все еще г�ит груз вверх

$$-\frac{5}{3} \frac{u^2}{g} + \frac{5}{3} \frac{u^2}{g} = \cancel{\frac{5}{3} \frac{u^2}{g}} = 0$$

$$\Rightarrow \cancel{h} + \Delta h = h = 0.6 \text{ м}$$

$$H = h \cdot \sin 12^\circ = \frac{3}{5} \cdot \frac{4}{5} = \frac{12}{25} \text{ м}$$
$$H = 0.48 \text{ м}$$

Ответ:

1) $\frac{6\sqrt{15}}{15} \text{ с}$

2) $T = 0.20$

3) $H = 0.48 \text{ м}$

Изображение 7/7

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

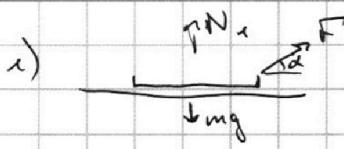
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

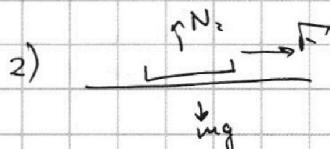
МФТИ



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



(Чистовик)



$$N_1 = mg - F \sin \alpha$$

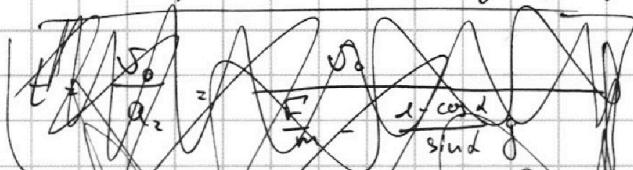
$$ma_1 = F_{\text{const}} - \mu N_1 \quad \cancel{\text{F const}} \\ \Leftrightarrow a_1 = \frac{F_{\text{const}} - \mu mg + F \sin \alpha}{m}$$

$$a_1 = \frac{F}{m} (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu g$$

$$\text{по условию } a_1 t = a_2 t \Leftrightarrow a_1 = a_2 \Rightarrow \cos \alpha + \mu \sin \alpha = 1$$

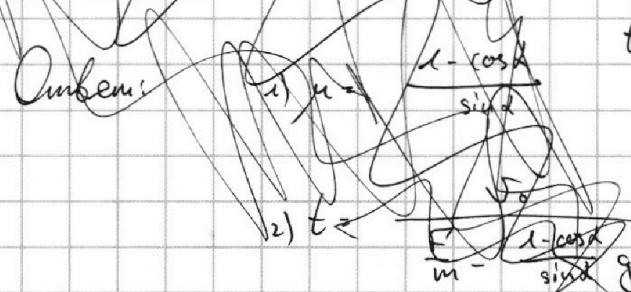
$$\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

Проверяем бреках остановки где второго случая (в первом это может
быть, но стартаем с конца)



$$t = \frac{v_0 \cdot m}{F_{\text{TP}_2}} = \frac{v_0 \cdot m}{\mu mg} = \frac{v_0}{\mu g}$$

$$t = \frac{v_0}{g} \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha}$$



Однако:

$$1) \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$2) t = \frac{v_0}{g} \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$pV = JRT ; \quad Q = A + \Delta U \\ \therefore \frac{1}{2} J R \Delta T$$

Чистовик

$$\text{при } p = \text{const} : A + \Delta U = p \Delta V + \frac{i}{2} J R \Delta T = \frac{i+2}{2} J R \Delta T \Rightarrow c_p = \frac{i+2}{2} R$$

для однотаточных газов $i=3 \Rightarrow \frac{c_p}{R} = \frac{5}{2} = 2,5 \Rightarrow 3 \rightarrow 1$
изобарический процесс

$$V = \text{const} \Leftrightarrow A = 0 \Leftrightarrow Q = \Delta U = \frac{i}{2} J R \Delta T \Rightarrow \frac{c_p}{R} = \frac{i}{2}$$

значит, если $\frac{c_p}{R} \geq \frac{3}{2}$, работа > 0; если $\frac{c_p}{R} < \frac{3}{2}$, работа < 0

$$1) A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = C_{12} \cdot J \cdot \Delta T_{12} - \frac{i}{2} J R \Delta T_{12} = \frac{1}{2} J R \Delta T_{12} .$$

$$T_2 = 4T_1 \Rightarrow \Delta T = 3T_1 \Rightarrow A_{12} = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 831 \cdot 3 \cdot 400 = 600 \cdot 831 \text{ Дж} = 498,6 \text{ кДж}$$

$$2) \eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_x}{Q_H} \text{ «околоден»} \quad \begin{array}{l} Q_H \text{ входит процесс с } A > 0 \\ Q_x \text{ входит процесс с } A < 0 \end{array}$$

научка

$$\Rightarrow \eta = \frac{(Q_{12} + Q_{23}) - Q_{23}}{Q_{12} + Q_{23}}$$

$$\begin{aligned} Q_{12} &= C_{12} \cdot J \cdot \Delta T_{12} = 2 \cdot R \cdot J \cdot (4-1) T_1 \\ Q_{23} &= C_{23} \cdot J \cdot \Delta T_{23} = 0,5 R \cdot J \cdot (4-2^{1,5}) T_1 \\ Q_{31} &= C_{31} \cdot J \cdot \Delta T_{31} = 2,5 R \cdot J \cdot (2^{1,5}-1) T_1 \end{aligned}$$

$$\eta = \frac{(2(4-1) + 2,5(2^{1,5}-1)) - 0,5(4-2^{1,5})}{2(4-1) + 2,5(2^{1,5}-1)} = \frac{6 + 2,5 \cdot 2^{1,5} - 2,5 - 0,5 \cdot 2^{1,5}}{6 + 2,5 \cdot 2^{1,5} - 2,5} =$$

$$= \frac{1,5 + 3 \cdot 2^{1,5}}{2,5 \cdot 2^{1,5} + 3,5} = \frac{3 + 6 \cdot 2^{1,5}}{5 \cdot 2^{1,5} + 7}, \quad 2^{1,5} = 2\sqrt{2} \Rightarrow \eta = \frac{3 + 12\sqrt{2}}{7 + 10\sqrt{2}}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input checked="" type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

МФТИ

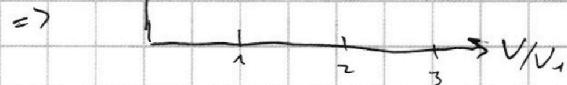
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

(Чистовик)

3) $3 \rightarrow 1$ - изобарический процесс ($p = \text{const}$) P_{p_1}

$$\Rightarrow p_1 V_1 = JRT_1 \quad \leftarrow p_1 V_3 = JRT_3$$

$$\Rightarrow \frac{V_3}{V_1} = \frac{T_3}{T_1} = 2^{1.5}$$



~~$$p_1 V_1 = JRT_1$$~~

~~$$p_2 V_2 = JRT_2$$~~

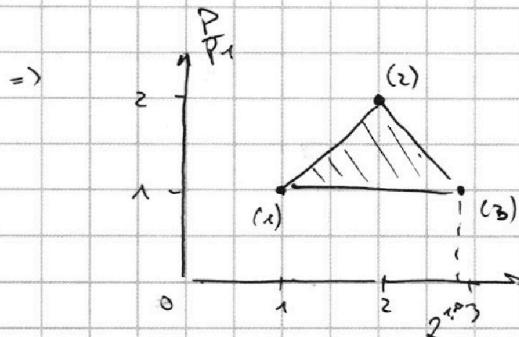
~~$$p_3 V_3 = JRT_3$$~~

$$\frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = 4 \Rightarrow \cancel{\text{изобарический}} \text{ точка (2) отсекает площадь}$$

б) 4 диаграмма 1 на 1 на 1 на 1

$$\frac{p_2 V_3}{p_2 V_2} = \frac{2^{1.5}}{4} = \frac{1}{\sqrt{2}}. \quad \text{Заметим, что все условия}$$

подходит м. (2) б) м 2 на $\frac{V}{V_1}$ а 2 на $\frac{P}{P_1}$



Объем:

$$1) A_{12} = 498,6 \text{ см}^3$$

$$2) \eta = \frac{3 + 12\sqrt{2}}{7 + 10\sqrt{2}}$$

3) сх. рисунок выше

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

6

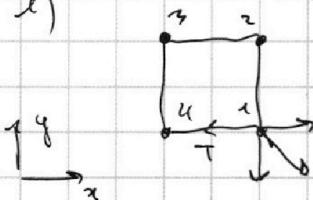
7

МФТИ



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

1)



Чистовик!

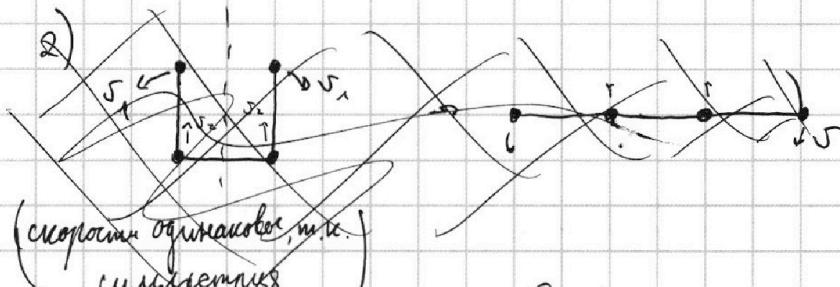
на ось x для первого:

$$F_{14} + F_{13} \cos 45^\circ + F_{12} \cdot \cos 90^\circ = T$$

$$F_{14} = \frac{kq^2}{B^2} \quad ; \quad F_{13} = \frac{kq^2}{(\sqrt{2}B)^2}$$

$$T = \frac{kq^2}{B^2} + \frac{kq^2}{2B^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{kq^2}{B^2} \left(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}} \right)$$

2)



$$\text{Однако} \quad 1) \quad T = \frac{kq^2}{B^2} \left(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}} \right)$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима.

Черновик

$$pV = \cancel{RT} \quad Q = A + \Delta U$$

$$1) T = \text{const} \Rightarrow \cancel{\text{something}} \quad C = \infty$$

$$2) p = \text{const} \Rightarrow A + \Delta U$$

$$p_{\text{dil}} + \frac{1}{2} R \Delta T = \frac{i+2}{2} R \Delta T \Rightarrow C_p = \frac{i+2}{2} R$$

$$3) V = \text{const} \Rightarrow \Delta U = \frac{c}{2} \Delta P \Delta T = \frac{i}{2} \Delta R \Delta T \Rightarrow c_v = \frac{i}{2} R$$

$i = 3$ no go.

$$\Rightarrow 3 \rightarrow 1 \quad p = \text{const}$$

$$1 \geq 2 \quad C_{12} = gR \Rightarrow Q = \lambda_1 R \alpha T_{12} = g_{12} \cdot \lambda R \alpha T_{12} = -1 \cdot \lambda R \alpha T_{12} + A_{12}$$

$$\Rightarrow A_{12} = \frac{2g_1 i}{2} \Delta R T = \frac{1}{2} \Delta R g T_{12}$$

$$\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 8.31 \cdot (400.3)$$

600.331 D2

$$2) \quad 2^{\frac{15}{2}} = 2^{\frac{7}{2}} = \sqrt{2^7} = \sqrt{8^1} = 2\sqrt{2}$$

$$\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_K}{Q_H}$$

$$\frac{6+7\sqrt{2}}{8} A_{23} \Rightarrow \frac{14+3\sqrt{2}}{8} A_{23}$$

$$A_{22} = \frac{16\sqrt{2}-8}{14+3\sqrt{3}}$$

$$Q_u = Q_{12} + Q_{23}x; \quad Q_x = Q_{23}$$

$$Q_{12} = \dot{V} \cdot q_{12} \cdot R \cdot \Delta T_{12} = 2 \cdot R \cdot (4-1)T$$

$$Q_{23} = 0 \cdot q_{23} \cdot R \cdot \Delta T_{23} = 0,5 \cdot R \cdot (4 - 2^{1,5})T$$

$$Q_{31} = D \cdot q_{31} \cdot R \cdot \Delta T_{31} = 2S \cdot R \cdot (T^{45} - 1) T_1$$

$$\eta = \frac{2(4-x) + 2,5 \cdot (2^{1,5} - x) - 0,5 \cdot (4 - 2^{1,5})}{2(4-x) + 2,5 \cdot (2^{1,5} - x)} = \frac{1,5 + 3 \cdot 2^{1,5}}{2,5 \cdot 2^{1,5} + 3,5}$$

$$\frac{3 + 6 \cdot 2^{1.5}}{5 \cdot 2^{1.5} + 7} = \frac{3 + 12\sqrt{2}}{14 + 10\sqrt{2}} = \frac{3 + 12\sqrt{2}}{14 + 10\sqrt{2}}$$

$$3) \quad 3+1 : p = \text{const}$$

$$P_1 V_1 = \cancel{RT_1} \leftarrow P_2 V_2 = \cancel{RT}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} = 2^{1.5}$$

$$A_{12} = Q_{12} - qV_{12} - J \cdot q \cdot y_2 \cdot RCT_{12} - \frac{1}{2} RCT_{12}^2 = RCT_{12} \left(y_2 - \frac{1}{2} \right) = RCT_{12} \cdot \frac{1}{2}$$

$$A_{23} = Q_{23} - \Delta V_{23} = J \cdot y_{23} R \Delta T_{23} - \frac{e}{2} \Delta B \Delta T_{23} = J R \Delta T_{23} \left(y_{23} - \frac{e}{2} \right) = - J R \Delta T_{23}$$

$$\frac{\Delta T_{\text{in}}}{(\Delta T_{\text{in}} - \Delta T_{\text{out}})} = \frac{\frac{3}{2} \sqrt{3} T_1}{(1 - \frac{3}{2} \sqrt{3}) T_1} = \frac{3}{13^2 - 2^2 \cdot 3} = \frac{3}{4(8 - \sqrt{3})} = \frac{3(2 + \sqrt{3})}{8}$$

$$\frac{1}{\Delta_2} = \frac{1}{\Delta_{2,1}} + \frac{(4-2^{-10})\Delta_1}{\Delta_2 - 2^{\alpha}(3-\sqrt{3})} + \frac{0}{0} + \frac{\frac{1}{8}\Delta_2 - \frac{1}{8}\Delta_1}{8 + 9\sqrt{2}} + \frac{144\sqrt{2}}{8}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

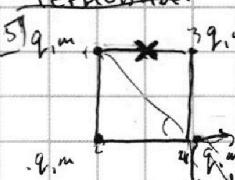


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

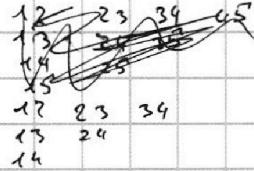
МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Черновик



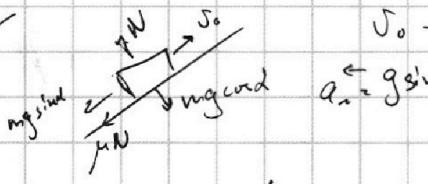
$$\frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{(\sqrt{2}b)^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{kq^2}{b^2} \left(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}}\right)$$



$$F = \left(2 \frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{(\sqrt{2}b)^2}\right) + \left(\frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{\sqrt{2}b}\right) + \left(\frac{kq^2}{b}\right)$$

$$= 4 \frac{kq^2}{b^2} + 2 \frac{kq^2}{\sqrt{2}b}$$

2) a)



$$a_0 \rightarrow g \sin \theta + \mu g \cos \theta = g (\sin \theta + \mu \cos \theta) = g$$

$$\frac{4}{5} + \frac{1}{3} \cdot \frac{2}{5} = \frac{5}{5}$$

$$h \quad v_0 = gt_1 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0}{g} = \frac{4}{10} \text{ s} \quad h = v_0 t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = \frac{v_0^2}{5} = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{v_0^2}{20} = \frac{16}{20} \cdot \frac{4}{5} \text{ m}$$

$$(s-h) = \frac{gt_2^2}{2} \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2(s-h)}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \frac{1}{5}}{10}} = \frac{1}{5} \text{ s}$$

$$t_1 + t_2 = \frac{4}{10} + \frac{\sqrt{2}}{5} = \frac{4}{10} + \frac{\sqrt{2}}{5} = \frac{4}{10} + \frac{2}{10} = \frac{6}{10} = 0.6 \text{ s}$$

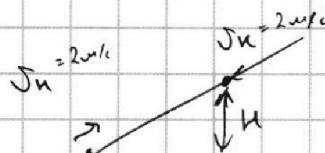
$$a_2 = g \sin \theta - \mu g \cos \theta = \frac{4}{5}g - \frac{1}{5}g = \frac{3}{5}g$$

$$\frac{a_2 t_2^2}{2} = (s-h) \quad t_2^2 = \frac{2(s-h)}{a_2} = \frac{2 \cdot \frac{1}{5}}{\frac{3}{5}g} = \frac{10 \cdot (1-\frac{4}{5})}{3g} = \frac{10 \cdot \frac{1}{5}}{3g} = \frac{1}{15}$$

$$t = t_1 + t_2 = \left(\frac{4}{10} + \frac{1}{5}\right) \text{ s} = \frac{6 \times \sqrt{2}}{15} \text{ s}$$

$$J_H = J_0 - U$$

$$J_m = g \cdot t \Rightarrow t = \frac{J_H}{g} = \frac{J_0 - U}{g} = 0.2 \text{ s}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

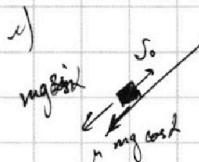
Черновик |

2 | 2)



$$S = ?$$

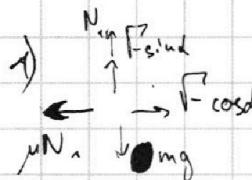
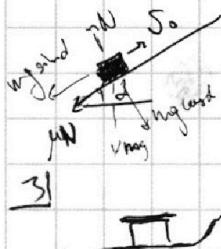
$$(5.0 - \mu g \cos \theta) t \Leftrightarrow t = \frac{(5.0 - u)}{\mu g \cos \theta}$$



$$a_e = g \sin \theta + \mu g \cos \theta = g \left(\sin \theta + \frac{\mu}{\cos \theta} \right) = g \left(\frac{1}{\cos \theta} + \frac{\mu}{\cos^2 \theta} \right)$$

$$S = 5.0 t - \frac{g t^2}{2} \Leftrightarrow g t^2 - 5.0 t + S = 0$$

$$\Delta = \sqrt{5.0^2 - 4 g S} \Rightarrow t = \frac{5.0 \pm \sqrt{5.0^2 - 4 g S}}{2g} = \frac{5.0 \pm \sqrt{16 - 2 \cdot 10 \cdot 1}}{2 \cdot 10}$$



$$N = mg - F_{\text{up}}$$

$$a_1 = \frac{F_{\text{up}} - \mu N_1}{m} = \frac{F_{\text{up}} - \mu mg + \mu F_{\text{up}}}{m}$$

$$2) \quad \begin{array}{l} \uparrow N_2 \\ \mu N_2 \end{array} \quad \begin{array}{l} a_1 = \frac{F}{m} (\cos \theta + \mu \sin \theta) - \mu g \\ N_2 = mg \end{array}$$

$$a_2 = \frac{F - \mu N_2}{m} = \frac{F}{m} - \mu g$$

$$\Rightarrow a_1 = a_2 \Leftrightarrow \cos \theta + \mu \sin \theta = 1$$

$$\mu = \frac{1 - \cos \theta}{\sin \theta}$$

$$\cos^2 \theta + \sin^2 \theta + 2 \sin \theta \cos \theta = 1$$

$$\cos^2 \theta + \sin^2 \theta = 1$$

$$\sin^2 \theta (\mu^2 - 1) + 2 \sin \theta \cos \theta = 0$$

$$\sin^2 \theta \mu^2 + \mu \cdot \sin 2\theta - \sin^2 \theta = 0$$

$$D = \sin^2 \theta - 4 \sin^4 \theta = (\sin^2 \theta - 2 \sin^2 \theta)(\sin^2 \theta + 2 \sin^2 \theta)$$

$$\mu = \frac{-\sin 2\theta \pm \sqrt{\sin^2 2\theta - 4 \sin^2 \theta}}{2 \sin^2 \theta}$$

$$4 \sin^2 \theta \cos^2 \theta$$

$$\mu = \cos 2\theta \pm \sqrt{(1 - \cos 2\theta)^2}$$



$$5.0 - \mu g t = 0$$

$$t = \frac{5.0}{\mu g} = \frac{5.0 \sin \theta}{g (1 - \cos \theta)}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

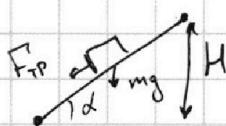
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

3) ~~Черновик!~~
~~по верхней траектории ехать время $t = \frac{v_0}{g}$~~
~~её высота =~~



$$V_H = V_0 - U = 2m/c$$

в начале вспомог

$$V_H = 0 - U = -2m/c$$

в конце вспомог

ЗС?

$$\frac{mV_H^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} + mgH - F_{TP} \cdot L, \text{ где } L - \text{некоторое перемещение тела}$$

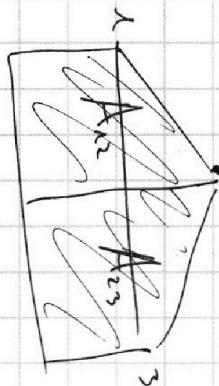
$$\sqrt{H} \cdot L \cdot \sin\alpha = H \Rightarrow L = \frac{H}{\sin\alpha}$$

$$F_{TP} \cdot L = mgH \Leftrightarrow \mu \cos\alpha \cdot \frac{H}{\sin\alpha}$$

$$\mu N = \mu \cdot mg \cos\alpha$$



1) А23



$$JR = \frac{pI}{l}$$

$$Q_{122} = C_{122} \Delta T_{122}$$

$$A_{122} = Q_{122} - C_{122} \Delta T_{122} - \left(\frac{i}{2} \right) R \Delta T_{122} = \Delta T_{122} \left(C_{122} - \frac{i}{2} R \right)$$

$$A_{223} = Q_{223} - \Delta T_{223} = C_{223} \Delta T_{223} - \left(\frac{i}{2} \right) R \Delta T_{223} = \Delta T_{223} \left(C_{223} - \frac{i}{2} R \right)$$

$$A_{321} = \Delta T_{321} R$$

$$A_{321} = \Delta T_{321} \left(C_{321} - \frac{i}{2} R \right)$$

$$A_{122} = \frac{1}{2} JR \cdot 3T_1 = \frac{3}{2} JR T_1$$

$$A_{223} = iR \left(4 - 2 \frac{\lambda}{2} \right) T_1 = (4 - 2\lambda) RT_1$$

$$P_{12} V_1 = JR T_1$$

$$P_2 V_2 = JR \cdot 4T_1$$

$$P_1 V_3 = JR \cdot 2 \frac{\lambda}{2} T_1$$

$$\frac{P_{12} V_1}{P_1 V_3} = 4$$

$$\frac{P_{12} V_1}{P_1 V_3} = \frac{2\sqrt{2}}{4} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$2 \cdot \sqrt{2} \cdot 1 \cdot \sqrt{2}$$

$$2 \cdot 2 \cdot 2$$